

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**Term-End Examination****December, 2012****PHYSICS****PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS***Time : 2 hours**Maximum Marks : 50*

Note : All questions are compulsory. However internal choices are provided. You may use log tables or non-programmable calculators. Symbols have their usual meanings. Values of physical constants are given at the end.

1. Attempt *any five* parts : 3x5=15

(a) Draw the unit cell represented by the vectors

$$\vec{a}_1 = 2 \hat{i} - \hat{j}$$

$$\vec{a}_2 = 2 \hat{j}$$

$$\vec{a}_3 = 2 \hat{k}$$

(b) Calculate the lattice constant of a cubic crystal when interplanar distance for (122) planes is 1.5 \AA .

(c) What are Van-der-waals forces ? List the three types of interactions accounted for by the Van-der-waals force.

- (d) Draw the actual potential experienced by an electron in a 1-D periodic crystalline lattice. Sketch how this potential is represented in the Kronig - Penney model.
- (e) Explain how the depletion region in a p - n junction is formed.
- (f) Draw the spin diagrams representing
 - (i) ferromagnets
 - (ii) antiferromagnets and
 - (iii) ferrites
- (g) Explain the origin of piezoelectric action in a quartz crystal.

2. Attempt *any one* part : 10

- (a) Obtain the reciprocal lattice vectors for an fcc lattice structure.
- (b) Explain with the help of appropriate Ewald's construction, how the crystal structure can be determined by the rotating crystal method of x -ray diffraction ?

3. Attempt *any one* part : 5

- (a) The potential energy function is expressed

as
$$U(r) = -\frac{\alpha}{r^6} + \frac{\beta}{r^{12}}$$
 show that the

minimum potential energy is
$$U_{min} = -\frac{\alpha^2}{4\beta}.$$

- (b) For a longitudinal wave propagating along a linear monatomic chain the angular frequency ω and wave number k of the

$$\text{wave are related as } \omega = \omega_{OL} \left| \sin \left(\frac{k a}{2} \right) \right|$$

where $\omega_{OL} = 2 \sqrt{\frac{K}{M}}$ Prove that for $ka \ll 1$, the chain of atoms acts as a dispersionless medium.

4. Attempt *any two* parts :

- (a) The number of free electrons in the energy interval E and $E + dE$ is given as : 3+2

$$N(E) dE = \frac{\pi}{2} \left(\frac{8 m L^2}{h^2} \right)^{3/2} E^{1/2} dE \frac{1}{e^{E - E_F / K_B T} + 1}$$

Derive the expression for the Fermi energy at $T = 0$. If the number density of free electrons in metallic sodium is $2.65 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ calculate its fermi energy.

- (b) Explain the two- fluid model of superconductors. 5
- (c) An intrinsic germanium specimen with a bandgap of 0.785 eV is kept at absolute zero temperature. If its temperature is raised to 300 K, what is the change in the value of the energy of the intrinsic Fermi level ? Assume the effective masses of electrons and holes to be $0.58 m_e$ and $1.02 m_e$, respectively. 5

5. Attempt *any two* parts :

5x2=10

- (a) Explain remanence and coercivity in ferromagnetic materials with the help of a typical hysteresis loop. What is the application of a ferromagnetic material which has a broad hysteresis loop ?
- (b) Explain the float - zone technique of crystal growth with the help of a labelled diagram.
- (c) With the help of a suitable diagram, explain the process of photo-lithography used for synthesis of nanostructures.

Physical constants :

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$$
$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$
$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$
$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$$
$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg.}$$

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2012

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न करें। आन्तरिक विकल्प दिए गए हैं। आप लॉग टेबल या कैल्क्यूलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. कोई पाँच भाग करें : 3x5=15

(a) निम्न सदिशों से बनी एकक कोष्ठिका चित्रित करें :

$$\vec{a}_1 = 2 \hat{i} - \hat{j}$$

$$\vec{a}_2 = 2 \hat{j}$$

$$\vec{a}_3 = 2 \hat{k}$$

(b) एक घनीय जालक में (122) समतलों के बीच अंतरातलीय दूरि 1.5 Å है। जालक स्थिरांक परिकलित करें।

(c) वान्डरवाल्स बल क्या होते हैं? वान्डरवाल्स बलों के कारण होने वाली तीन अन्योन्यक्रियाएं सूचीकृत करें।

- (d) एक-विमिय आवर्ती क्रिस्टल जालक में इलेक्ट्रान द्वारा अनुभूत विभव को चित्रित करें। रेखाकृत करें कि क्रोनिग-पेनीमॉडल में हम इस विभव को कैसे निरूपित करते हैं?
- (e) $p-n$ संधि में अवक्षय क्षेत्र कैसे बनता है समझाएं?
- (f) (i) लोह-चुंबक
(ii) प्रति-लोहचुंबक और
(iii) फेराइट के संगत प्रचक्रण आरेख बनाएं।
- (g) क्वार्ट्ज क्रिस्टल में दाब विद्युत प्रभाव की उत्पत्ति समझाएं।

2. कोई एक भाग करें :

10

- (a) fcc जालक संरचना के लिए व्युत्क्रम जालक सदिश प्राप्त करें।
- (b) उपयुक्त इवाल्ड संरचना की सहायता से समझाएं कि एक्स-किरण विवर्तन के घूर्णी-क्रिस्टल विधि द्वारा हम क्रिस्टल संरचनाओं का निर्धारण कैसे करते हैं।

3. कोई एक भाग करें :

5

- (a) सिद्ध करें कि निम्नलिखित स्थितिज ऊर्जा फलन :

$$U(r) = -\frac{\alpha}{r^6} + \frac{\beta}{r^{12}} \text{ के लिए न्यूनतम स्थितिज ऊर्जा}$$

$$U_{min} = -\frac{\alpha^2}{4\beta} \text{ हैं।}$$

- (b) एकपरमाण्विक रैखीय शृंखला के अनुदिश संचरित 5
अनुदैर्घ्य तरंग के लिए कोणीय आवृत्ति ω तथा तरंग
संख्या k को संबन्धित करने वाला व्यंजक है :

$$\omega = \omega_{OL} \left| \sin \left(\frac{k a}{2} \right) \right| \quad \text{जहाँ } \omega_{OL} = 2 \sqrt{\frac{K}{M}} \text{ है।}$$

सिद्ध करें कि $ka \ll 1$ के लिए, यह परमाणुओं की
शृंखला एक परिक्षेपण-विहीन माध्यम की तरह व्यवहार
करती है।

4. कोई दो भाग करें :

- (a) ऊर्जा परास E से $E + dE$ में मुक्त इलेक्ट्रॉन की संख्या 3+2
का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$N(E) dE = \frac{\pi}{2} \left(\frac{8 m L^2}{h^2} \right)^{3/2} E^{1/2} dE \frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{k_B T}} + 1}$$

$T=0$ पर फर्मी ऊर्जा के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें।
यदि धात्विक सोडियम में मुक्त ऐलेक्ट्रॉनों का संख्या
घनत्व $2.65 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ है, तो उसका फर्मी ऊर्जा
परिकलित करें।

- (b) अतिचालकता का द्वि-द्रव माडल समझाएं। 5
- (c) जरमेनियम का एक प्रतिदर्श, जिसके बैंड अन्तराल का 5
मान 0.785 eV है, परम शून्य तापमान पर है। यदि इस
प्रतिदर्श का तापमान हम 300 K तक बढ़ा दें, तो इसके
नैज फर्मी ऊर्जा का मान कितना बदलेगा? प्रतिदर्श में
इलेक्ट्रॉन और होल के प्रभावी द्रव्यमानों का मान क्रमशः
 $0.58 m_e$ और $1.02 m_e$ मान लें।

5. कोई दो भाग करें :

2×5=10

- (a) एक प्ररूपी शैथिल्य-पाश की सहायता से लोह-चुंबकीय पदार्थों में चुंबकत्वावशेष और निग्राहिता समझाएं। चौड़े शैथिल्य पाश वाले लोह-चुंबकीय पदार्थों का क्या उपयोग होता है, बताएं?
- (b) चिन्हित आरेख की सहायता से क्रिस्टल वृद्धि की प्लवी जोन तकनीक समझाएं।
- (c) उपयुक्त आरेख की सहायता से, भा-अश्म लेखन द्वारा नैनो संरचना बनाने की विधि-समझाएं।

भौतिक नियतांक :

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg.}$$